551.223
N 281 f

SONDERABDRUCK
aus der
Festschrift des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe
zum Jubiläum
I. K. Hoheiten des Großherzogs und der Großherzogin
von Baden.

Die seismischen Stationen Durlach und Freiburg i. B.

Denkschrift

zum 25jährigen Bestehen der Erdbebenkommission
des Naturwissenschaftlichen Vereins in Karlsruhe.

Von

Dr. M. Haid.
Professor an der Techn. Hochschule.

Mit 5 Tafeln und 2 Textfiguren.

STANFORD LIBRARIES

Karlsruhe i. B.
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei.
1906.

Digitized by Google

284846

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

I. Rückblick.

In der benachbarten Schweiz begann die systematische Erdbebenbeobachtung im Jahre 1878, als einige gleichstrebende Forscher bei der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft die Einsetzung einer besonderen Erdbebenkommission beantragten. Über die durch diese Kommission teils auf diplomatischem, teils auf privatem Weg eingezogenen Umfragen nach bestehenden, gleichgerichteten Einrichtungen in andern Ländern sagt der Bericht, daß nirgends in Europa ein organisierter Dienst für Erdbebenbeobachtungen bestehe, es seien lediglich einzelne, nach eigenem Plan arbeitende Forscher, denen man die bisherigen Resultate verdanke.

Bei den Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins wurde erstmals in der Sitzung vom 6. Februar 1880, an welcher Seine Königl. Hoheit der Großherzog teilzunehmen geruht hatte, von den Professoren Sohncke und Knop über Erdbeben in Baden gesprochen, „deren Auftreten hier ein viel häufigeres ist, als man gemeinhin zu glauben geneigt ist“. Veranlassung hierzu gaben die binnen 7 Wochen stattgefundenen drei Erdbeben am 5. und 22. Dezember 1879 im südlichen Schwarzwald und am 24. Januar 1880, von denen das letztere über einen großen Teil von Baden ausgedehnt und besonders in der Umgebung von Karlsruhe stärker fühlbar war. Im Anschluß an diese Erörterungen nun wurde nach Vorgang der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft auf Vorschlag des damaligen Vorstandes, Geh. Rat Grashof, von dem Verein eine Erdbebenkommission zur Untersuchung der in Baden stattfindenden Erdbeben errichtet und als Mitglieder die Professoren Jordan, Knop, Sohncke und Rentner Gustav Wagner eingetzt.

Solange nicht Seismographen, welche die verschieden eintretenden Erscheinungen und Phasen eines Erdbebens zeitlich registrieren, zur Verfügung standen, mußte die Aufgabe der Kommission auf die Anwendung der statistischen Methode, auf die Konstatierung der Anzahl von beobachteten Fällen, auf ihre zeitliche Aufeinanderfolge und räumliche Ausdehnung sich beschränken und so einen ersten Schritt bilden zur Erkenntnis der sogenannten Seismizität des untersuchten Gebiets. Die hierzu bei jedem Erdbeben notwendigen Erhebungen waren damals von der mit dem physikalischen Lehrstuhl Sohncke's verbundenen meteorologischen Zentralstation gesammelt worden. Schon bald jedoch hat der Personalbestand der Kommission eine Änderung erfahren, indem Prof. Jordan 1881 nach Hannover, Hofrat Sohncke Ostern 1883 nach Jena berufen wurden und Herr Wagner nach Achern verzog. Nach dem Scheiden Sohncke's und der damit erfolgenden Auflösung der meteorologischen Zentralstation hat dann das bei der Großh. Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues errichtete Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie die Sammlung der einkommenden Berichte übernommen. Dadurch erfuhr der Erdbebennachrichtendienst eine wesentliche Verbesserung. Wenn auch eine beträchtliche Anzahl von Personen in allen Landesteilen sich bereit finden ließ, als Korrespondenten der Erdbebenkommission im gegebenen Fall die ihnen zugänglichen Nachrichten unter Benützung eines Fragebogens zu sammeln und mit den etwaigen eigenen Wahrnehmungen an die Erdbebenkommission gelangen zu lassen, so erhielt der Nachrichtendienst doch ein festeres Gefüge durch Hinzuziehung der staatlichen Bezirksbehörden bezüglich deren Organe, die vermöge ihrer Fachbildung, ihrer Berufstätigkeit und Verbreitung über das ganze Land vorzugsweise geeignet und in der Lage sind, auf physikalische Erscheinungen zu achten und Wahrnehmungen darüber zu sammeln. Die Erdbebenkommission, die in ihren Bestrebungen auch von der kaiserl. Post- und Telegraphenbehörden bereitwilligst unterstützt wurde, bestand nunmehr aus den Herren Knop, Honsell, Haid und Postrat Christiani.

Da die bis dahin üblichen Fragebogen nicht allgemein verstanden wurden, und die Leute vielfach sich genierten, sie zu beantworten, so gab die Kommission geänderte Formulare in populärer Fassung aus. Auch ordnete sie in Ermangelung geeig-

neten Kartenmaterials die Herausgabe einer Übersichtskarte von Baden und Elsaß in $^1/_{450900}$ an, welche als Grundlage für die Darstellung der Schüttergebiete notwendig war. Obwohl bei den seitens des Publikums einlaufenden Mitteilungen mancher Scherz* unterlief, so läßt sich doch erkennen, daß den Erdbebenerscheinungen von der Bevölkerung allenthalben ein besonderes Interesse zugewandt wird, insbesondere wenn sie, wie es zeitweise der Fall ist, häufiger eintreten. In der Tätigkeit der Kommission trat aber anfangs der 90er Jahre eine Pause ein, während welcher jedoch das Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie die Erhebung und Sammlung der Erdbebenberichte mit dem gleichen Pflichtgefühl fortführte. Es machte allmählich die Anschauung sich geltend, daß ohne Zusammenschluß größerer Gebiete mit der statistischen Methode allein und ohne instrumentelle Beobachtung ein weiterer wesentlicher Fortschritt nicht gemacht werde. In dieser Beziehung versuchte der oberrheinische geologische Verein die Erdbebenforschung in den Vereinsländern (Baden, Bayern, Elsaß-Lothringen, Hessen-Darmstadt, Hohenzollern und Württemberg) auf Grund einer zusammenfassenden Organisation zum Gegenstand seiner Beratungen zu machen; doch war dieses Bestreben nicht von langem Bestand. In der Versammlung des oberrheinischen geologischen Vereins von 1892, der auch ein Vertreter der schweizerischen Erdbebenkommission anwohnte, wurde zwar eine Resolution gefaßt, die eine Vereinheitlichung der Fragebogen, Aufstellung zahlreicher, durch physikalische Institute geprüfter Seismometer über das gesamte Vereinsgebiet, ferner regelmäßige Publikationen nnd Herstellung von Detail- und Übersichtskarten beabsichtigte; doch hatte sie keine weitere Folge.

Die mit seinem Horizontalpendel ausgeführten, epochemachenden Arbeiten v. Rebeur-Paschwitz's, welche in ihren Anfängen hier vom Naturwissenschaftlichen Verein tatkräftigst unterstützt wurden, und die Begründung der benachbarten Straßburger seismischen Station brachten nach dem Tode des Geh. Hofrat Knop (1893) und nach der Berufung seines Nachfolgers des Prof. Brauns nach Gießen (1895) mit dem Eintritt von Prof. Futterer wieder regeres Leben in die Erdbebenkommission. Dieselbe kon-

* Unter anderem hat sich eine Erdbebenmitteilung vom 20. Februar 1890 aus Neckargemünd nach erfolgter eingehender Untersuchung als ein harmloser Wahlscherz ergeben.

stituierte sich von neuem unter Futterer's Vorsitz und setzte sich mit ihm zusammen aus den Professoren Honsell, Schultheiß, Haid und Leutz und Postrat Seltsam als Nachfolger des an das Reichspostamt versetzten Herrn Christiani. Die Berichte über die damaligen Sitzungen des Vereins geben Zeugnis von dem großen Eifer, den Futterer der Erdbebenforschung widmete. Gegen Ende der 90er Jahre sah leider das Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie sich genötigt, wegen Portoschwierigkeiten und auch aus anderen Gründen seine Mitarbeit aufzugeben. Herr Prof. Futterer übernahm dann selbst die Aussendung und Sammlung der von ihm verfaßten und erweiterten Fragebogen. Dagegen sollte die Erfüllung des wiederholt geäußerten Wunsches, in die Erdbebenbeobachtung durch Aufstellung von Seismometer und Seismographen größere Präzision zu bringen, in die Nähe rücken. Die Post- und Telegraphenbehörden hatten früher schon anfangs der 80er Jahre vielfach Seismochronographen aufgestellt nach Konstruktion von Prof. Lassaulx in Breslau. Zwei solcher Apparate waren im Jahre 1887 dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie überlassen worden; sie kamen jedoch wegen ihrer Unzweckmäßigkeit nicht zu weiterer Verwendung. Wollte man wirklich in der Forschung vorwärts kommen, so konnten dergleichen einfache Apparate nicht mehr in Betracht gezogen werden. Aus den beschränkten Vereinsmitteln aber war die Anschaffung größerer Apparate, die im letzten Dezennium in raschem Fortschreiten sich immer mehr vervollkommneten, und deren Aufstellung größere Mittel beansprucht, nicht zu ermöglichen; auf eine Unterstützung durch Staatsmittel war vorerst auch nicht zu rechnen. Es war daher außerordentlich dankbar zu begrüßen, als Herr Geh. Rat Battlehner in der Vereinssitzung am 10. Mai 1901 die erfreuliche Mitteilung machen konnte, daß von der verstorbenen Frau Landgerichtsrat Bohm dem Verein die Summe von 16000 M. für Zwecke der Erdbebenforschung testamentarisch gestiftet worden sei. Kurz vorher hatte Prof. Futterer als Delegierter Badens für die im April in Straßburg tagende erste Seismologische Konferenz*, welche zum Zweck der Begründung einer internationalen Assoziation für Erdbebenforschung auf Einladung des Deutschen Reiches zusammengetreten war, einen Plan für die

* Bericht der ersten Seismologischen Konferenz. Zeitschrift für physik. Erdkunde, Dr. Gerland's Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband 1.

Errichtung eines Netzes von seismologischen Stationen in Baden aufgestellt. Dieses Netz sollte sieben Stationen erster Ordnung und elf Stationen zweiter Ordnung umfassen. Es waren dies Heidelberg, Durlach, Lahr, Freiburg, im Kaiserstuhl, Neustadt, Engen von der ersten und Wertheim, Sinsheim, Pforzheim, Baden, Triberg, Zell i. W., Donaueschingen, Thiengen, Badenweiler, Kehl, Karlsruhe von der zweiten Art. Die Auswahl wurde von Futterer nach geologischen Gesichtspunkten und gemäß den bisherigen Erfahrungen begründet; sie sollte selbstverständlich nur einen allgemeinen Plan vorstellen, an dessen Verwirklichung für die nächste Zukunft zwar nicht zu denken war, an dessen allmählichen Ausbau aber nach Maßgabe vorhandener Mittel heranzutreten sei. Das mehr als zwanzigjährige Bestehen einer Erdbebenkommission in Baden sowie seine wiederholte Betätigung auf dem Gebiet der Erdbebenforschung veranlaßten die Berufung Futterer's in das Kuratorium der kaiserl. Hauptstation in Straßburg, dem zur Förderung der seismischen Forschung das Betreiben der Errichtung von Erdbebenstationen in den einzelnen Bundesstaaten als eine seiner hauptsächlichsten Aufgaben oblag. Der Erdbebenkommission des Vereins war nunmehr die Pflicht erwachsen, mit den Mitteln, welche durch das hochherzige Bohm'sche Vermächtnis gegeben waren, Stationen in Baden einzurichten. Leider war es Futterer nicht mehr vergönnt, die Ausführung selbst in die Hand zu nehmen. Wegen leidender Gesundheit war er genötigt, aus seiner Stellung auszuscheiden. An seine Stelle als Vorsitzender der Erdbebenkommission ist seit Juli 1903 der Verfasser getreten. Diesen Rückblick beschließend, gibt die folgende Zusammenstellung eine Übersicht über die Publikationen der Erdbebenkommission von 1880 bis 1905.

Die Publikationen der Erdbebenkommission von 1880 bis 1905.

1. Das rheinisch-schwäbische Erdbeben am 24. Januar 1880. Dargestellt von der Erdbebenkommission des Naturw. Vereins. 8. Band. 1881.
2. Das Erdbeben im Kaiserstuhl i. Br. am 21. Mai 1882, bearbeitet von Prof. Dr. A. Knop. 9. Band. 1883.
3. Mitteilungen der Erdbebenkommission des Naturwissenschaftl. Vereins. 10. Band. 1888. Enthaltend:
   a Das Erdbeben im badischen Oberland und Oberelsaß am 24. Jan 1883, bearbeitet von Dr. J. H. Kloos, mit nachträglichen Bemerkungen von demselben.

b. Das Erdbeben von Gebweiler im Elsaß am 14. April 1884, bearbeitet von Direktor Dr. Gerhard in Gebweiler.
c. Das Erdbeben im Kaiserstubl i Br. am 24. Juni 1884, bearbeitet von Prof Dr. A. Knop.
d. Bericht über den jetzigen Bestand der Erdbebenkommission, über Organisationsänderungen und über die in den Jabren 1885 und 1886 beobachteten Erderschütterungen von Prof. Dr A. Knop.
e Das Erdbeben am 21. April 1885 in der Feldberggruppe (Knop).
f. Das Erdbeben im Kaiserstubl im Br. am 3. Jan. 1886 (Knop).
g. Das Erdbeben in der Gegend von Labr am 7. Juni 1886, bearbeitet von Prof. Dr H. Eck in Stuttgart.
b. Das Erdbeben in der Gegend zwiscben Kappel i. B. und Sermersbeim i. E. am 9. Oktober 1886, bearbeitet von Prof. Dr. H. Eck in Stuttgart.
i. Sporadische Erdbeben im Kinzigtbal, in Staufen, in Breisach und in der Gegend von Markdorf.
k. Sporadisches Erdbeben zu Tbiengen am 16 Nov. 1886 (Knop).
l. Sporadiscbes Erdbeben zu Stockacb am 28. Nov. 1886 (Knop).
m. Erdbeben von Wies-Todtnau am 6. Januar 1887 (Knop).
n. Erdbeben im Günterstbal (Amt Freiburg) am 23. Febr. 1887 (Knop).
o. Erdbeben von Blumberg (Amt Donaneschingen) am 23. Februar 1887 (Knop).

4. Das Erdbeben am 13. Januar 1895 im südlicben Scbwarzwald und den benachbarten Gebieten des Elsaß und der Schweiz, bearbeitet von Dr. R. Langenbeck. 11. Band. 1896.
5. Das Erdbeben am 22. Januar 1896 in Baden, bearbeitet von Prof. Dr. K. Futterer. 13. Band. 1900.
6. Das Erdbeben in der Umgebung von Labr am 19. Januar 1897, bearbeitet von Prof. Dr. K. Futterer. 13. Band. 1900.
7. Das Erdbeben in der Gegend von Freiburg am 17. November 1891, bearbeitet von Dr. E. Böse. 13. Band. 1900
8. Bericbt über die in Baden vom Herbst 1897 bis Oktober 1898 beobachteten Erdbeben von Dr v. Kraatz-Koscblau. 13. Band. 1900.
   a. Das Erdbeben vom 13. Januar 1898 am Feldbergmassiv.
   b. Das Erdbeben vom 6. Mai 1898 in der Scbweiz.
   c. Das Erdbeben vom 6. Oktober 1898 in Oberschwaben und Hohenzollern.
9. Das Erdbeben im Kaiserstubl i Br. am 14. Februar 1899 und Das Erdbeben in der Umgegend von St. Blasien am 3. Juli 1899, bearbeitet von Dr. F. Wiegers. 13. Band. 1900.
10. Bericbt über die Erdbeben am 24. März 1901 und am 22. Mai 1901 im badiscben Oberlande und der nördlichen Scbweiz, bearbeitet von M. Reichmann. 16. Band. 1903.
11. Die süddeutscben Erdbeben im Frühjahr 1903, am 22., 26., 27. und 29. März, am 14., 20. und 24. April, sowie 22. Juli in der Umgebung von Kandel in der Rheinpfalz, bearbeitet von Prof. H. Leutz. 18. Band. 1905.

2. Die Stationen.

Da von dem astrophysikalischen Institut der Sternwarte in Heidelberg Erdbebenerscheinungen an einem astatischen Pendel bereits beobachtet werden und ein ebensolches Wiechert'sches Pendel auch auf der Hauptstation in Straßburg sich befindet und da die Aufstellung gleicher Instrumente dazwischen in verhältnismäßig kleiner Entfernung von einander wohl nur die gleichen Erscheinungen zeigen würden, so hat die Erdbebenkommission dem Vorschlag zugestimmt, die von v. Rebeur-Paschwitz ursprünglich verfolgte Absicht des Studiums der bradyseismischen Bewegungen, welche in langsamen Niveauverschiebungen bestehen, herrührend von der Anziehung der Sonne und des Mondes oder von den Vorgängen bei der Gebirgsbildung etc., wieder aufzunehmen und zwei Stationen hiefür mit leichten Horizontalpendeln Hecker'scher Konstruktion einzurichten. Die Aufzeichnung der sonst noch eintretenden Erdbebenerscheinungen erfolgt durch diese Instrumente ebenfalls. Da die Beobachtungen von Rebeur-Paschwitz wegen der ungünstigen, insbesondere durch die Temperatur beeinflußten Aufstellung seines Apparates zu keinem endgültigen Resultat führten, so wurde beschlossen, die Stationen in einem im Felsgerüste der Erdkruste abgeschlossenen, den Schwankungen der Temperatur möglichst wenig unterliegenden Raum einzurichten. In dem Wunsch der Kommission lag es ferner, die eine Station in der Nähe von Karlsruhe zu haben. Es wurde daher bestimmt, eine Station im Turmberg bei Durlach und die andere im Schloßberg bei Freiburg i. B. anzulegen. An beiden Orten waren entsprechende Räume bereits vorhanden, die allerdings für die Aufstellung der Instrumente noch adaptiert werden mußten; auch durfte erwartet werden, daß an beiden Orten für die Aufsicht und Wartung der Station geeignete Beobachter sich leicht werden finden lassen.

Für die Station in Durlach (Taf. 1) ist ein am Südwestabhang des Turmbergs gelegener, aus dem Mittelalter stammender Stollen benützt worden, welcher im Jahre 1899 von dem Vorstand des Altertumsvereins, Herrn Geh. Rat Wagner, wieder geöffnet und durchforscht worden war. Der untere vom Dürrbach ausgehende Teil des Stollens, der in sehr zerfallenem Zustand war, konnte zur Anlage der Entwässerung der Station nach dem Dürr-

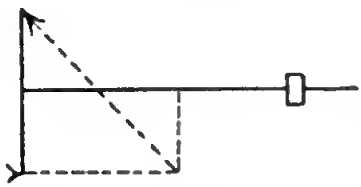
bach noch benützt werden. Zum Stollen selbst wurde ein besonderer Zugang mit Treppe erstellt unter Berücksichtigung der, durch die projektierten städtischen Straßenführungen künftigen Gestaltung des Geländes. Bei den weiteren Räumungsarbeiten zeigte es sich, daß der Stollen seine Richtung änderte und aus dem Turmberg wieder ausbog. Von dem Wendepunkt ab ist daher ein neuer Gang noch auf 7 m weiter in den Berg getrieben, und daran anschließend die von Südwest nach Nordost orientierte Kammer für die Aufnahme der Apparate aus dem Felsen ausgesprengt worden. Der Stollen und die Kammer liegen ganz im Buntsandstein, der vielfach von dünnen Lettenschichten durchzogen und stellenweise zerklüftet ist. Die Kammer ist 4 m lang, im Mittel 2,2 m breit und 1,8 m hoch und liegt 11,5 m unter der Oberfläche. An der nordöstlichen Schmalseite in einer 1,3 m tiefen und 1,4 m hohen Nische befindet sich der Horizontalpendelapparat auf einer ausgeebneten Felsbank aufgestellt. Ihm gegenüber auf einem 0,3 m hohen gemauerten Pfeiler von 1,9 m Länge und 0,6 m Breite steht der Registrierapparat und die Lampe. An der westlichen Wand hängt die Stationsuhr, neben ihr befindet sich Telephon und elektrischer Taster, ihr gegenüber stehen die beiden elektrischen Batterien. Zum Schutz gegen Tropfwasser ist längs der Decke in der Kammer und Nische ein Dach aus Zinkblech angebracht. Der Zugang ist an der Treppe oben und unten durch Türen abgeschlossen, vor der Kammer befindet sich nochmals ein Abschluß. Für die zur photographischen Registrierung nötige Lichtquelle mußte eine Verbindung mit der freien Luft hergestellt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Rohrleitung vom Lampenzylinder längs des Zugangs angelegt, und in dieselbe vor der untern Treppentüre eine saugende Petroleumlampe eingesetzt. Von der Abzweigung vom alten Stollen ab ist dieser, soweit er noch in gutem Zustand war, ausgeräumt und an seinem Ende durch eine Mauer abgeschlossen worden, so daß er eventuell zur Aufstellung weiterer Instrumente benützt werden kann. Die Erstellnng der Station am Fuß des Turmbergs war durch das sehr dankenswerte Entgegenkommen der Stadt Durlach erleichtert worden, indem die Stadtgemeinde das betreffende Grundstück auf und unter der Oberfläche dem Verein unentgeltlich zur freien Verfügung stellte, als auch die Station bezüglich ihres äußern Schutzes in Obhut nimmt. Die Bau-

kosten der Station belaufen sich inkl. der Vorarbeiten auf 5559,27 M.

In Freiburg bot der der Stadt gehörige nicht benützte Schloßbergkeller in seiner innersten, nordöstlich gelegenen Abteilung einen für die Aufnahme des Seismographen sehr geeigneten Raum, der nur eine geringe bauliche Adaptierung erforderte. Der ganz in Gneis gehaueue gewölbartige Raum des Felsenkellers hat eine Fläche von 7 auf 8 m, ist im Scheitel 4 m hoch und mußte nur gegen die angrenzende Abteilung und gegen den Zugang durch Mauerwerk abgeschlossen werden. Tafel 2 zeigt in Grundriß und Durchschnitt die Anlage der Station. Der nahezu horizontale Zugang geht 47 m tief in den Berg und befindet sich der Boden des Beobachtungsraumes 23 m unter der Oberfläche. Für die Aufstellung des Pendelapparates wurde ein 1 qm großer, 0,60 m hoher, von Südwest nach Nordost orientierter Pfeiler aus Beton auf dem Gneis errichtet. Der aus Steinplatten bestehende Bodenbelag steht mit ihm nicht in unmittelbarer Berührung. Der Registrierapparat steht südwestlich gegenüber auf einem 1,5 m langen, 1,0 m breiten und 0,5 m hohen Steinpfeiler. Die Stationsuhr hängt an einem mit der neuen westlichen Abschlußwand verbundenen 0,8 m breiten Uhrenpfeiler, rechts davon befindet sich Telephon und Taster. Ein von der Decke an Ketten herabhängendes Blechdach schützt den Pendel- und Registrierapparat gegen herabtropfendes Wasser. Für die allgemeine Beleuchtung des Zugangs uud des Beobachtungsraums sowie für die zur photographischen Registrierung notwendigen Lichtquelle konnte leicht an das Kabel des städtischen Elektrizitätswerkes angeschlossen werden, da von seiten der Stadtverwaltung die Verlegung des Kabels in der Schloßbergstraße aus Anlaß der Erstellung der Station erfolgt war. Der Errichtung der Station wurde seitens des Stadtrates auch insofern bereitwilligste Unterstützung geliehen, als der betreffende Raum des Schloßbergkellers vorerst auf fün Jahre unentgeltlich zur Verfügung gestellt wurde, und das städtische Hochbauamt und Elektrizitätswerk mit der Überwachung und Ausführung der bezüglichen Arbeiten betraut werden konnte. Die bauliche Einrichtung der Station kostete 808,57 M., welche Summe das Großh. Ministerium der Justiz, des Kultus und Unterrichts der Erdbebenkommission gewährte.

3. Die Instrumente.

Die instrumentelle Ausrüstung ist auf beiden Stationen die gleiche und wurde im wesentlichen von R. Fechner, dem Mechaniker des Königl. Geodätischen Instituts in Potsdam, geliefert. Der Pendelapparat (Taf. 3, 4 u. 5) besteht aus zwei gleichen Horizontalpendeln, von denen das eine im Meridian, das andere in Ost-West steht. Die Pendel sind aus Messing 25 cm lang, sie schwingen um ihre nahezu vertikal stehende 12 cm lange Drehaxe und besitzen die Konstruktion nach Professor Hecker, d. h. von den Stahlspitzen, welche die Auflagerung der Drehaxe bilden, ist die Richtung der schräg gestellten oberen Spitze von der Lage des Pendelschwerpunkts abhängig, während die untere Spitze horizontal steht. (Siehe nebenstehende Figur.) Die Auflagerreaktionen sind dann immer senkrecht zu den aus Saphirflächen bestehenden Auflagern der Drehaxe. Durch möglichste Beseitigung der Reibung wird hierdurch ein besseres Funktionieren der Horizontalpendel erzielt.* Die Pendel sind am Ende der Pendelstange mit einem zylindrischen Pendelgewicht beschwert, das längs der Pendelstange verschoben werden kann und durch eine federnde Hülse in seiner Stellung festgehalten wird. Die Pendel können auch mit Dämpfung gebraucht werden. Nach Abnahme des Pendelgewichts wird zu diesem Zweck eine beim Gebrauch vertikal stehende 8 cm hohe doppelwandige Dämpfungsröhre auf die Stange soweit aufgeschoben, bis die an der Röhre angefeilte Nase in die Kerbvertiefung des an der Pendelstange festgeklemmten Anschlagrings gebracht ist. Durch ein auf die Pendelstange nahe der Drehaxe anzubringendes Gegengewicht bleibt die Lage des Pendelschwerpunktes auch bei Gebrauch der Dämpfung ungeändert. Die Dämpfungsröhre ist im Innern durch eine wagrecht eingezogene Lamelle in zwei gleiche Räume geteilt. Von außen wird die Röhre durch einen auf dem Pendelstuhl stehenden Mantel um-



* Hecker, Untersuchung von Horizontalpendel-Apparaten, Zeitschrift für Instrumentenkunde 1899 S. 261; und Hecker, Beitrag zur Theorie des Horizontalpendels, Zeitschrift für physikalische Erdkunde, Dr. Gerland's Beiträge zur Geophysik IV. Band.

schlossen, der dem Pendel hinreichenden Spielraum in seiner Bewegung gewährt. Von unten sowohl als auch von oben greifen in die doppelwandige Röhre entsprechende Zylinder ein, die auf dem Pendelstuhl bezüglich auf dem genannten Mantel ruhen. Auf Tafel 3 sind beide Pendel mit dem die Dämpfung umgebenden Mantel dargestellt. Um die Ruhelage des Pendels bezüglich einer mittleren Lage zu berichtigen, kann der Pendelstuhl, der die Stahlspitzen der Pendelaxe trägt, mittelst Schraube an der Grundplatte geneigt werden; ferner ruht die obere Stahlspitze in einem um eine horizontale Axe drehbaren Lagerbock mit Gradbogen. Mit diesem kann die Spitze nach dem Schnittpunkt gerichtet werden, in welchem die Vertikale durch den Pendelschwerpunkt die Horizontale durch die untere Spitze trifft; durch Verschieben der unteren, horizontalen Spitze in ihrem Lager kann die Drehaxe mehr oder minder geneigt, und dadurch die Schwingungsdauer der Horizontalpendel geändert werden. Ein zylindrisches Gehäuse, das auf der eiserne Grundplatte aufsitzt und oben mit einer Glasplatte abgedeckt ist, schützt die Pendel nach außen gegen Luftbewegungen etc. (Taf. 4.)

Die Bewegungen der Pendel werden auf einem gegenüberstehenden Registrierapparat photographisch aufgezeichnet. Zu dem Zweck reflektiert ein am Pendel angebrachter Spiegel, dessen Ebene durch die Drehaxe des Pendels geht, die von einer Lichtquelle auf ihn treffenden Strahlen nach der Vorderfläche einer 40 cm langen Walze. Diese ist mit lichtempfindlichem Papier überzogen und wird mittels Uhrwerk um eine horizontale Axe gedreht. Die von dem beleuchteten Spalt der Lichtquelle ausgehenden Strahlen vereinigen sich auf der Walze zu einem möglichst kleinen Lichtpunkt. Es wird dies durch die im Gehäuse vor jedem Pendel angebrachte Konvexlinse und durch die vor der Walze stehende Zylinderlinse erzielt. Die richtige Lage der Lichtpunkte auf der Walze wird durch Drehen und Neigen eines totalreflektierenden Glasprismas bewirkt, das vor jedem Pendelspiegel angeordnet ist. Das Drehen dieses Prismas kann aus größerer Entfernung mittels Stange und Schlüssel vorgenommen werden; ebenso kann auch aus größerer Entfernung mittels Gummiball und Rohr, das in eine Öffnung eines Ständers seitlich der Pendelspitze ausläuft, jedes Pendel angeblasen und die Lichtpunkte in Bewegung gebracht werden. Außer den beiden Licht-

punkten der Pendel zeichnen noch zwei weitere Lichtpunkte, die von zwei auf der Grundplatte des Pendelapparats übereinanderstehenden festen Spiegeln kommen, zwei Basislinien auf der Walze auf. Zu diesen Basisspiegeln gehört die mittlere Konvexlinse des Gehäuses.

Eine kleine gegenseitige Verdrehung der Basisspiegel bewirkt, daß die auf der Walze registrierten Pendelkurven von den Basislinien umschlossen werden. Die Anordnung der Aufstellung zeigt Taf. 5. Das Räderwerk des die Walze treibenden Uhrwerkes ist für drei Geschwindigkeiten eingerichtet, bei welchen der Weg eines Punktes des Walzenumfangs, d. i. die Registriergeschwindigkeit $\frac{14}{3}$ cm bezgl. 14 cm bezgl. $3 \cdot 14$ cm in der Stunde beträgt. Infolge des Unterschiedes der optischen und photographischen Brennweite der Linsen steht die zur Seite der Walze sich befindliche Lichtquelle etwas hinter der Walzenvorderfläche zurück. Die Lichtquelle sitzt auf einem Schlitten, der nach jeder ganzen Walzenumdrehung sich etwas verschiebt. Durch einen an der Walze seitlich angebrachten Kontakt erfolgt nämlich der Stromschluß für den unter der Lampe befindlichen Elektromagneten, wodurch dann das Auslösen einer Sperrklinke und die momentane Vorwärtsbewegung der durch ein Gewicht gezogenen Lampe bis zum nächsten Sperrzahn bewirkt wird. Die Aufzeichnungen für die aufeinander folgenden Umdrehungen ergeben sich auf diese Weise in parallelen 8 mm von einander entfernten Linien. In der Durlacher Station wird eine Benzinlampe, in Freiburg, wo elektrische Beleuchtung im Beobachtungsraum installiert ist, ein Nernstbrenner als Lichtquelle benützt. Für die Zeitmarkierung befindet sich in jeder Station eine von F. L. Löbner in Berlin bezogene Sekundenpendeluhr mit Lenzkircher Werk und Rieflerschem Nickelstahlpendel. Mittels eines in der Uhr angebrachten elektrischen Kontaktes wird der Lichtspalt bei jeder vollen Stunde durch einen vortretenden Schirm auf einige Sekunden abgeblendet, wodurch die photographische Registrierung unterbrochen und die einzelnen Stunden auf den registrierten Linien markiert werden. Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Dauer der Abblendung, die zurzeit auf 15 sec. gestellt ist, geändert und bis auf 4 sec. verkürzt werden kann; auch kann der Kontakt halbstündig und auch viertelstündig eingestellt werden. Zur Ermittlung des Uhr-

standes sind die beiden Stationen an das Telephonnetz angeschlossen, und kann jede Uhr mittels Signaltaster mit den Uhren des geodätischen Institutes der Technischen Hochschule auf dem Chronographen verglichen werden. Um die Instrumente gegen Feuchtigkeit zu schützen, befinden sich der Pendel- und Registrierapparat sowie die Lampe zusammen in einem 4,2 m langen und 0,6 m hohen aus vier Teilen bestehenden Glaskasten. Die einzelnen Teile sowie die verschiedenen Türen sind durch Gummizwischenlagen hinreichend gedichtet. Ebenso ist das Uhrgehäuse nochmals mit einem Glaskasten überdeckt und dieser gegen die Wand durch Steinschrauben und zwischenliegenden Gummistreifen fest aufgepreßt. Im Innern dieser beiden Glaskasten sind Schalen und Gläser mit Chlorkalcium; Lambrechtsche Hygrometer lassen darin den jeweiligen Feuchtigkeitszustand erkennen. Zur Registrierung der Temperatur und Feuchtigkeit im Beobachtungsraum dienen ein Thermograph und ein Hygrograph von Richard.

Da die Instrumente bereits im Herbst 1904 geliefert waren, so wurden sie bis zur Fertigstellung der Stationen im Aulakeller der Technischen Hochschule provisorisch aufgestellt, um die photographische Registrierung probeweise insbesondere bezüglich der Feinheit ihrer Linien vorzunehmen. Zur Untersuchung, inwieweit die vier Pendel einander gleich sind, und auch behufs Verwendung der Werte bei der Bearbeitung der künftigen Aufzeichnungen sind die Konstanten der Pendel, wie Gewicht, Trägheitsmomente, Schwerpunktslage und Lage des Schwingungs- oder Stoßmittelpunkts, bestimmt worden. Zu diesem Zweck wurden die Pendel und ihre zugehörigen Teile gewogen, sowie ihre Schwingungsdauer bei vertikaler Aufhängung beobachtet. Hiefür konnten die Pendel, welche in ihrer Drehaxe noch zwei besondere ebene Saphierflächen für vertikale Aufhängung besitzen, auf die Spitzen eines Gestells aufgehängt werden. Die eine dieser beiden Spitzen ist seitlich und in der Höhe verstellbar. Das Gestell war bei diesen Beobachtungen auf einem Pfeiler im Uhrkeller aufgegipst und die gleiche Höhenlage der beiden Spitzen mit Hülfe eines gegenübergestellten Theodolits kontrolliert worden. Die Schwingungsdauer wurde dann bestimmt sowohl für verschiedene Stellungen des Pendelgewichtes als auch bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit ihrem zugehörigen Gegengewicht. Die Stellungen des Pendelgewichtes waren durch

Striche auf der Pendelstange markiert worden, deren Abstände auf dem Komparator gemessen wurden.

Die vier Pendel sind mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet, Pendel 1 und 3 gehören zum Apparat I in Freiburg mit Stationsuhr Löbner 356 und Pendel 2 und 4 zum Apparat II in Durlach mit Stationsuhr Löbner 357. Die Pendel 1 und 2 stehen im Meridian, Pendel 3 und 4 in ost-westlicher Richtung.

Die Wägungen auf der Wage No. 4 des Großh. Obereichungsamts ergaben nach der Schwingungsmethode (1905 Mai 3., 4. und 6.) für das Gewicht

	Apparat I		Apparat II	
	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	gr	gr	gr	gr
der Pendelstange	51,043	52,006	52,053	50,240
des zylindr. Pendelgewichts .	38,532	38,244	39,426	38,402
der Dämpfungsröhre . . .	90,916	88,886	96,173	92,472
des zur Dämpfung gehörigen Gegengewichts	35,252	35,057	34,603	34,893

Es beträgt daher das Gewicht des ungedämpften Pendels

für	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	gr	gr	gr	gr
	89,575	90,250	91,479	88,642

und bei Anwendung der Dämpfung

gr	gr	gr	gr
177,211	145,949	182,829	177,605

Für die Bestimmung der Schwingungsperiode (d. i. doppelte Schwingungsdauer) war der Spiegel des vertikal aufgehängten Pendels beleuchtet, und ihm gegenüber in 2,5 m Entfernung ein Schirm aus Karton aufgestellt worden, auf dem eine Linie gezogen war. Aus der auf dem Chronographen registrierten Zeit, die zwischen einer größeren Anzahl von (durchschnittlich 200) gleichgerichteten Durchgängen des vom Spiegel reflektierten Lichtscheins durch die schwarze Linie verfloß, wurde die Dauer einer Schwingungsperiode abgeleitet. Das Vielfache der Schwingungsperiode ist sowohl für die unbelastete Pendelstange, als für verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes, sowie auch bei Aufbringung der Dämpfungsvorrichtung mehrmals von zwei ver-

schiedenen Beobachtern bestimmt worden. Der Schwingungsbogen betrug hierbei ungefähr 2°.

Für die unbelastete Pendelstange wurde die Schwingungsperiode ermittelt bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	(1905: Novbr. 7.)		(1905: Mai 25.)	
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8232	0,8246	0,8218	0,8289.

Bei den Pendeln 1 und 3 wurde für 5 Stellungen des Pendelgewichtes entsprechend den Marken 4, 3a, 3, 2 und 1, bei den Pendeln 2 und 4 für 4 Marken 4, 3, 2 und 1 die Schwingungsperiode bestimmt. Die Marke 1 liegt der Pendelspitze, Marke 4 der Pendelaxe am nächsten, und die Marke 2 gibt die Lage des Pendelgewichtes an bei der Aufstellung als Horizontalpendel.

Die Messung der Markenabstände von der Marke 4 ergab bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	cm	cm	cm	cm
Marke 4 . .	0,00	0,00	0,00	0,00
„ 3a . .	3,01	2,99	—	—
„ 3 . .	6,03	6,01	5,99	6,03
„ 2 . .	13,72	13,63	13,68	13,72
„ 1 . .	15,96	15,79	15,93	15,98
Pendelspitze . .	19,3	19,3	19,3	19,3

In der letzten Zeile ist die Entfernung der Marke 4 von der Mitte der in eine abgeschrägte Schneide auslaufenden Pendelspitze angegeben.

Die Schwingungsperiode für die verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes wurde nun erhalten bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	1904 Dezbr. 1. und 1905 Novbr. 7.		1904 Dezbr. 10. und 1905 Mai 25.	
	sec.	sec.	sec.	sec.
für Marke 4	0,6818	0,6843	0,6797	0,6848
„ „ 3a	0,7071	0,7095	—	—
„ „ 3	0,7500	0,7528	0,7475	0,7526
„ „ 2	0,8861	0,8859	0,8848	0,8864
„ „ 1	0,9272	0,9256	0,9266	0,9287

Digitized by Google

Die Schwingungsperiode bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit zugehörigem Gegengewicht (gedämpftes Pendel) ergab sich bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	1904 Dezbr. 1.		1904 Dezbr. 1.	
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8517	0,8569	0,8517	0,8553

Aus allen Beobachtungen berechnet sich der mittlere Beobachtungsfehler der 200fachen Schwingungsperiode zu $\mp 0{,}09$ sec. Es wird daher der mittlere Fehler einer Schwingungsperiode $= \mp 0{,}00045$ sec. und der mittlere Fehler des Mittels aus den Beobachtungen zweier Beobachter $= \mp 0{,}00032$.

Der Bestimmung der Trägheitsmomente und der Schwerpunktslagen liegt der bekannte Ausdruck

$$\frac{T^2}{4\pi^2} g = \frac{m_1 (k_1^2 + h_1^2) + m_2 (k_2^2 + h_2^2)}{m_1 h_1 + m_2 h_2} \quad \ldots (1)$$

zu Grund . . . (1).

Hierin bedeuten:

T die Schwingungsperiode,

g die Intensität der Schwerkraft (980,982 $\frac{\text{cm}}{\text{sec.}^2}$ Pendelkeller der Techn. Hochschule),

m_1 bezgl. m_2 die Masse der unbelasteten Pendelstange bezgl. die Masse des Pendelgewichts,

k_1 bezgl. k_2 den Trägheitsradius der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts bezogen auf ihre bezüglichen Schwerpunkte und parallel der Drehaxe des Pendels.

h_1 bezgl. h_2 den Abstand des Schwerpunkts der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts von der Drehaxe des Pendels.

Die Bestimmung der vier Größen $k_1\, h_1\, k_2\, h_2$ setzt 4 Beobachtungen T voraus. Setzt man für 3 Beobachtungen, bei welchen das Pendelgewicht die Stellungen h_2 (Marke 4), $h_2 + a$ (Marke 3) und $h_2 + b$ (Marke 1) hat, und wobei a und b seine aus dem Markenabstand bekannten Verschiebungen sind

$$\frac{T_1^2}{4\pi^2} g = A, \quad \frac{T_3^2}{4\pi^2} g = B, \quad \frac{T_3^2}{4\pi^2} g = C$$

und nimmt als vierte

$$\frac{T_4^2}{4\pi_2} g = D$$

die Beobachtung der unbelasteten Pendelstange hinzu, für welche in obigem Ausdruck (1) $m_2 = o$ zu setzen ist, so erhält man aus folgenden vier Gleichungen ihrer Reihe nach die vier Unbekannten h_1, k_1^2, k_2^2 und h_2

$$\frac{m_1}{m_2}\left(\frac{B-A}{A-B+2a} - \frac{C-A}{A-C+2b}\right) h_1 = \frac{C\left(b+\frac{A}{2}\right) - \left(b+\frac{A}{2}\right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-C+2b} - \frac{B\left(a+\frac{A}{2}\right) - \left(a+\frac{A}{2}\right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a}$$

$$k_1^2 = h_1 (D - h_1)$$

$$k_2^2 = \frac{m_1}{m_2}(A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - \left\{\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{B-A}{A-B+2a} \cdot h_1 + \frac{B\left(a+\frac{A}{2}\right) - \left(a+\frac{A}{2}\right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a}\right\}^2$$

$$h_2 = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{m_1}{m_2}(A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - k_2^2}$$

Die berechneten Werte sind nachstehend zusammengestellt.

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
h_1	4,23 cm	4,41 cm	3,95 cm	4,46 cm
k^2_1	53,31 cm²	55,04 cm²	50,65 cm²	56,22 cm²
h_2 (Marke 4)	6,38 cm	6,61 cm	6,25 cm	6,50 cm
k^2_2	3,38 cm²	1,70 cm²	5,07 cm²	1,91 cm²

Die Einsetzung dieser Werte in die analoge Gleichung (1), welche bei Pendel 1 und 3 für die Stellung des Pendelgewichts auf Marke 2 und 3a bezüglich bei Pendel 2 und 4 auf die Marke 2 noch gilt, gibt zunächst eine Kontrolle für die Rechnung. Diese ergab für

	Marke 2		Marke 3a	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
bei Pendel 1	19,510	19,528	12,424	12,436
„ „ 3	19,502	19,536	12,508	12 512
„ „ 2	19,453	19,473	—	—
„ „ 4	19,524	19.584	—	—

Zur weiteren Beurteilung der Genauigkeit, mit der auf diese Weise die obigen und die noch zu berechnenden Größen ermittelt werden, sind alle auf das Pendel 1 sich beziehenden Beobachtungen der Schwingungsdauer, der Wägung und der Verschiebung des Pendelgewichts einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterworfen worden. Die Ausgleichung ergab für h_1, h_2, k^2_1, k^2_2 des Pendels 1 Verbesserungen, die kaum von dem mittleren Fehler ihrer Bestimmung verschieden sind. Im einzelnen werden die mittleren Fehler in den Schwerpunktsabständen h_1 bezgl. h_2 gleich $\mp 0{,}11$ cm bezgl. $\mp 0{,}05$ cm und in k^2_1 bezgl. k^2_2 gleich $\mp 0{,}89$ cm² bezgl. $\mp 0{,}81$ cm². Es wurden ferner die mittleren Beobachtungsfehler erhalten für die Wägung zu $\mp 0{,}014$ gr, für die Verschiebung des Pendelgewichtes zu $\mp 0{,}025$ cm und für die Schwingungsperiode zu $\mp 0{,}02$ sec. Da hier in den Beobachtungen der Schwingungsperiode neben der inneren Übereinstimmung wiederholter Beobachtungen noch andere Fehlerquellen in Betracht kommen, so ist der Unterschied dieses mittleren Fehlers mit seinem Werte auf S. 18 sowie der Betrag des m. F. in der Wägung nicht weiter auffallend.

Berechnet man nunmehr für die Einstellung des Pendelgewichtes auf Marke 2 (Aufstellung als ungedämpftes Horizontalpendel) den Abstand S des Schwerpunkts des Pendels von der Masse $M = m_1 + m_2$, sowie die Lage L des Schwingungsmittelpunktes, ferner das statische Moment $M.S$ und das Trägheitsmoment Θ, alles bezogen auf die Drehaxe, so ergeben sich bei ungedämpftem Pendel folgende Werte für

	S	L	M	$M.S$	Θ
	cm	cm	gr	gr cm	gr cm²
Pendel 1 . . .	11,05	19,51	89,58	990,2	19 319
Pendel 3 . . .	11,12	19,50	90,25	1003,2	19 565
Pendel 2 . . .	10,83	19,45	91,48	991,2	19 281
Pendel 4 . . .	11,28	19,52	88,64	1000,3	19 530
mittl. Fehler =	$\mp 0{,}19$	$\mp 0{,}01$	$\mp 0{,}02$	$\mp 6{,}0$	∓ 892

In dieser Zusammenstellung sind die Werte für M von S. 16 nochmals aufgenommen worden und ist in der letzten Zeile der mittlere Fehler für die auf das Pendel 1 bezüglichen Werte, wie sie sich vor ihrer Ausgleichung unmittelbar aus den Beobachtungen berechnen, beigefügt. Den auf die andern Pendel bezüglichen Werten darf wohl derselbe Genauigkeitsgrad zuerkannt werden, da sie auf gleiche Weise mit derselben Sorgfalt bestimmt worden sind.

Unter der Annahme, daß bei Aufbringung der Dämpfungsröhre und ihres zugehörigen Gegengewichts die Lage des Pendelschwerpunktes sich nicht ändert, ergeben sich für die gleichen Größen wie oben die folgenden Werte bei gedämpftem Pendel:

	S cm	L cm	M gr	$M.S$ gr cm	Θ gr cm
Pendel 1	11,05	18,03	177,21	1958,2	35 299
Pendel 3	11,12	18,25	175,95	1956,6	35 700
Pendel 2	10,83	18,03	182,83	1980,0	35 691
Pendel 4	11,28	18,18	177,61	2003,4	36 418

Aus diesen beiden Zusammenstellungen ist ersichtlich, daß bezüglich der darin enthaltenen Größen die vier Pendel hinreichend übereinstimmen. Da auch ihre Aufhängung vollständig gleich und besondere Sorgfalt genommen ist, daß die Reibung des Gehänges auf den Spitzen überall gleich wird, so darf man erwarten, daß gleichartige Erscheinungen von den Pendeln auch in gleicher Weise registriert werden. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, zeigen die beiden in ihrer wirklichen Größe wiedergegebenen Seismogramme auf Seite 23, welche in Durlach und Freiburg vom Fernbeben am 21. Januar 1906 um 14^h bis 17^h GrZ. erhalten worden sind. Der übereinstimmende Eintritt von gleichen Phasen ist bei beiden Seismogrammen leicht zu erkennen. Die größere Amplitude des Freiburger Ost-Westpendels 3 gegenüber dem Durlacher Pendel 4 erklärt sich leicht daraus, daß in Freiburg das Pendel 1 fast ruhig blieb, die Erdbebenwellen also in meridionaler Richtung gingen, während in Durlach außer Pendel 4 auch das Nord-Süd-Pendel 2 die Wellen anzeigte; die Richtung der Erdbebenwellen ist daher in Durlach gegen den Meridian geneigt. Ob diese Verschiedenheit der Richtung von der Aufstellung der

Seismographen auf Gneis in Freiburg und auf Buntsandstein in Durlach berührt, müssen künftige Beobachtungen darüber Aufschluß geben.

Die Wirkungsweise der Horizontalseismographen,* zu denen auch die Horizontalpendel gehören, wird hauptsächlich durch zwei Konstanten charakterisiert, und zwar durch die Vergrößerung, mit der sie die horizontalen Verschiebungen wiedergeben, sowie durch die Empfindlichkeit gegen dauernde Neigungen. Die Vergrößerung V ist das Verhältnis der Länge l des Indikators zur mathematischen Pendellänge L. Bei photographischer Registrierung wird die Indikatorlänge dargestellt durch die Summe aus den Entfernungen des Lichtspaltes und des registrierenden Lichtpunktes vom Pendelspiegel. Die Neigungsempfindlichkeit hängt von der Größe der Schwingungsperiode des Horizontalpendels ab. Wird die der Schwingungsperiode entsprechende äquivalente Pendellänge mit $\mathfrak{L}$ bezeichnet, so wird die äquivalente Indicatorlänge $\mathfrak{J} = V \cdot \mathfrak{L}$. Durch diese als auch durch den Ausschlag für eine Bogensecunde $E = \frac{\mathfrak{J}}{206265}$ wird die Empfindlichkeit des Horizontalpendels für statische Neigungsänderung angegeben.

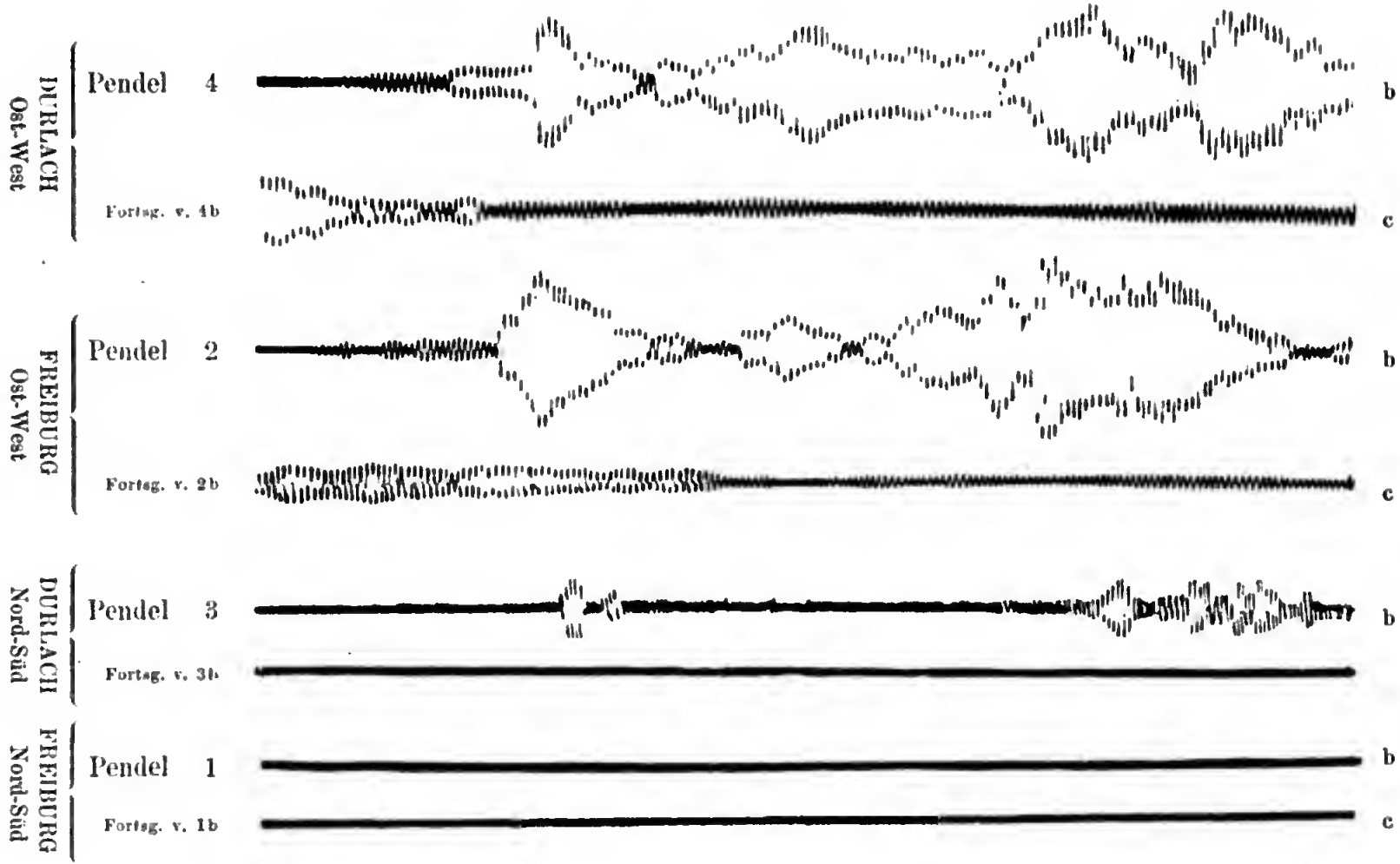
Der Weg des Lichtstrahls vom Lichtspalt bis zum Pendelspiegel beträgt in Durlach 330,6 cm bezgl. in Freiburg 337,3 cm und vom Pendelspiegel bis zur Vorderfläche der Registrirwalze in Durlach 308,6 bezügl. in Freiburg 308,1. Die Indikatorlänge ist daher in Durlach $l = 639{,}2$ cm bezgl. in Freiburg $l = 645{,}4$ cm. Der Unterschied von 6,2 cm ist weiter von keiner Bedeutung in V und $\mathfrak{J}$. Die vier Horizontalpendel werden möglichst auf eine Schwingungsperiode von 30 sec. eingestellt, was einer äquivalenten Pendellänge $\mathfrak{L} = \frac{30^2}{4\pi^2} \cdot g = 22360$ cm entspricht.

Für das ungedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen $L = 19{,}5$ cm und man erhält

$$V = \frac{l}{\mathfrak{L}} = 33 \text{ und } \mathfrak{J} = V \cdot \mathfrak{L} = 737\,880 \text{ cm oder } E = 3{,}6 \text{ cm}.$$

Für das gedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen $L = 18{,}1$ cm und es wird

* E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen. Abhdl. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Kl. Neue Folge Band II, No. 1. Berlin 1903.


DURLACH Ost-West
Pendel 4
Fortsg. v. 4b
b
c
FREIBURG Ost-West
Pendel 2
Fortsg. v. 2b
b
c
DURLACH Nord-Süd
Pendel 3
Fortsg. v. 3b
b
FREIBURG Nord-Süd
Pendel 1
Fortsg. v. 1b
b
c

$$V = \frac{I}{\mathfrak{L}} = 36 \text{ und } \mathfrak{Z} = V \cdot \mathfrak{L} = 804\,960 \text{ cm oder } E = 3{,}9 \text{ cm.}$$

Die geographische Lage der beiden Seismographen ist durch geometrische Aufnahme der Pendelpfeiler in die Katasterpläne bestimmt worden als auch wurde ihre Höhe über Normal-Null durch Anschluß an das badische Hauptnivellement ermittelt. Aus den Katasterplänen wurden die rechtwinkligen Koordinaten abgegriffen und aus diesen und der geographischen Lage des Mannheimer Nullpunkts (49° 29′ 10.″91 Breite und 8° 27′ 36.″80 Länge östl. Grenw.) ergibt sich für den

Seismograph in Durlach geograph. Breite = 48° 59′ 45.″6,
„ Länge = 8° 28′ 55.″2, östl. Gr.
Höhe = 127.m48 + N.N.

„ „ Freiburg geograph. Breite = 47° 59′ 46.″4,
„ Länge = 7° 51″ 34.″8, östl. Gr.
Höhe = 278.m93 + N.N.

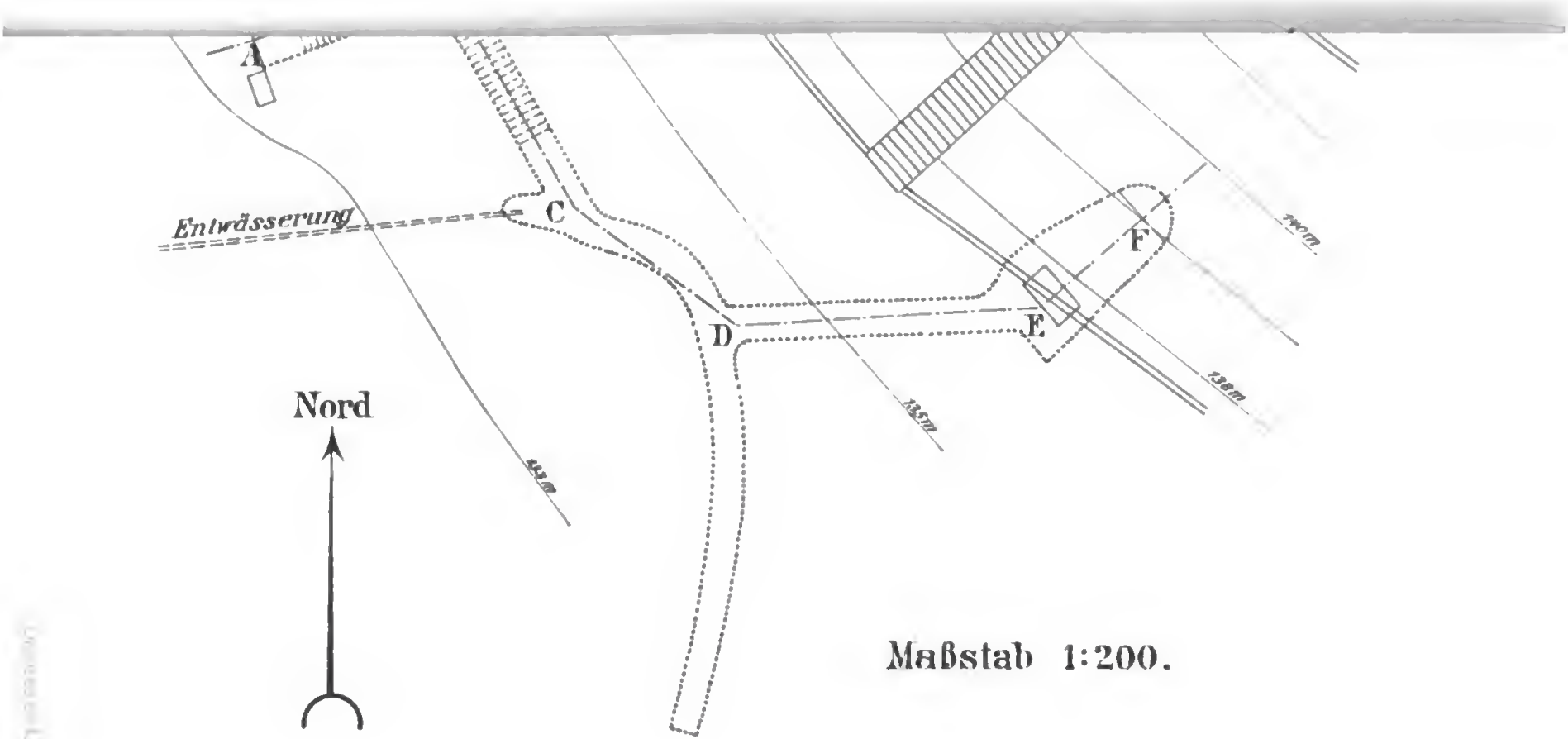
* *
*

Die Kosten der instrumentellen Ausrüstung der Stationen einschließlich der speziellen Adaptierung betragen in Durlach M. 3305,16 und in Freiburg M. 3338,87. Insbesondere kosteten

der Horizontalpendelapparat mit 2 Komponenten und Dämpfungseinrichtung	940,— M.
der Registrierapparat	800,— „
die Spaltlampe	225,— „
die Secundenpendeluhr	355,— „
die Glaskästen über die Uhr und den Seismograph .	446,46 „
der Thermograph und Hygrograph je	100,— „

Einschließlich der baulichen Herstellung erforderte daher die Errichtung der Station in Durlach M. 8864,43 und jener in Freiburg M. 4147,44, zusammen also M. 13011,87. Hiervon ist aus den Mitteln des Naturwissenschaftlichen Vereins die Summe von 12203,30 M. bestritten worden; außerdem wurde aus Vereinsmitteln für die Einrichtung zur Untersuchung der Pendel und für den Betrieb bis Ende 1905 der Betrag von M. 852,09 aufgewendet.

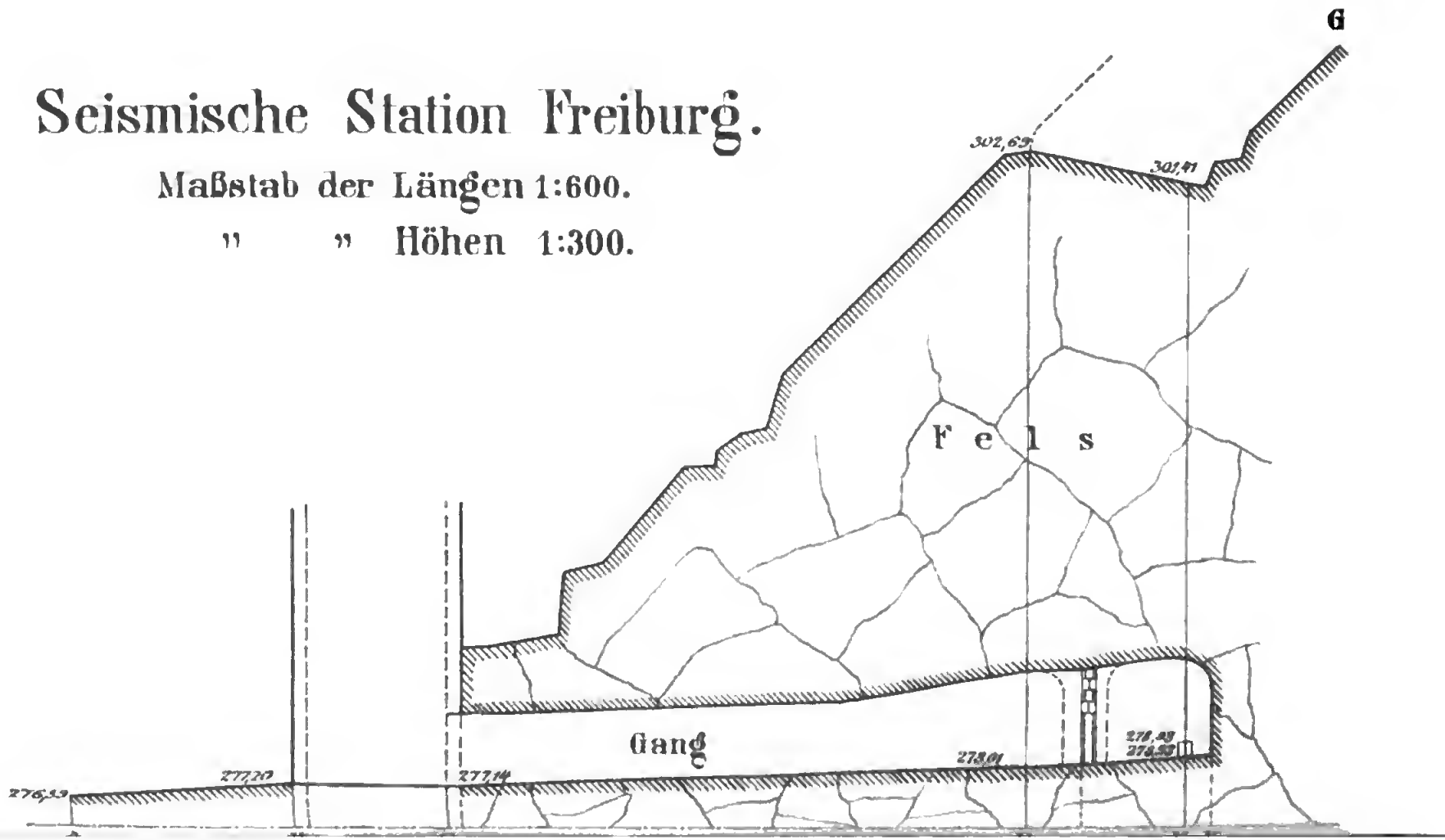
Die Errichtung der beiden Erdbebenstationen bedeutet einen wesentlichen Fortschritt für die seismische Forschung in Baden, und werden die vorliegende Untersuchung der Instrumente und die ermittelten Zahlenwerte ihre Verwertung späterhin finden. Neben dieser auf instrumenteller Grundlage beruhenden Forschung möge aber nicht die bisherige Tätigkeit der Erdbebenkommission vernachlässigt werden, die unter anderem auf die Ermittlung der Epizentren der hier fühlbaren Erdbeben hinzielt, umsomehr, als diese Tätigkeit jetzt durch die seismischen Stationen Unterstützung findet. Es dürfte sich hiefür noch empfehlen und es wäre sehr dankbar zu begrüßen, wenn wie früher die bewährte Mitwirkung des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie wieder gewonnen werden könnte.

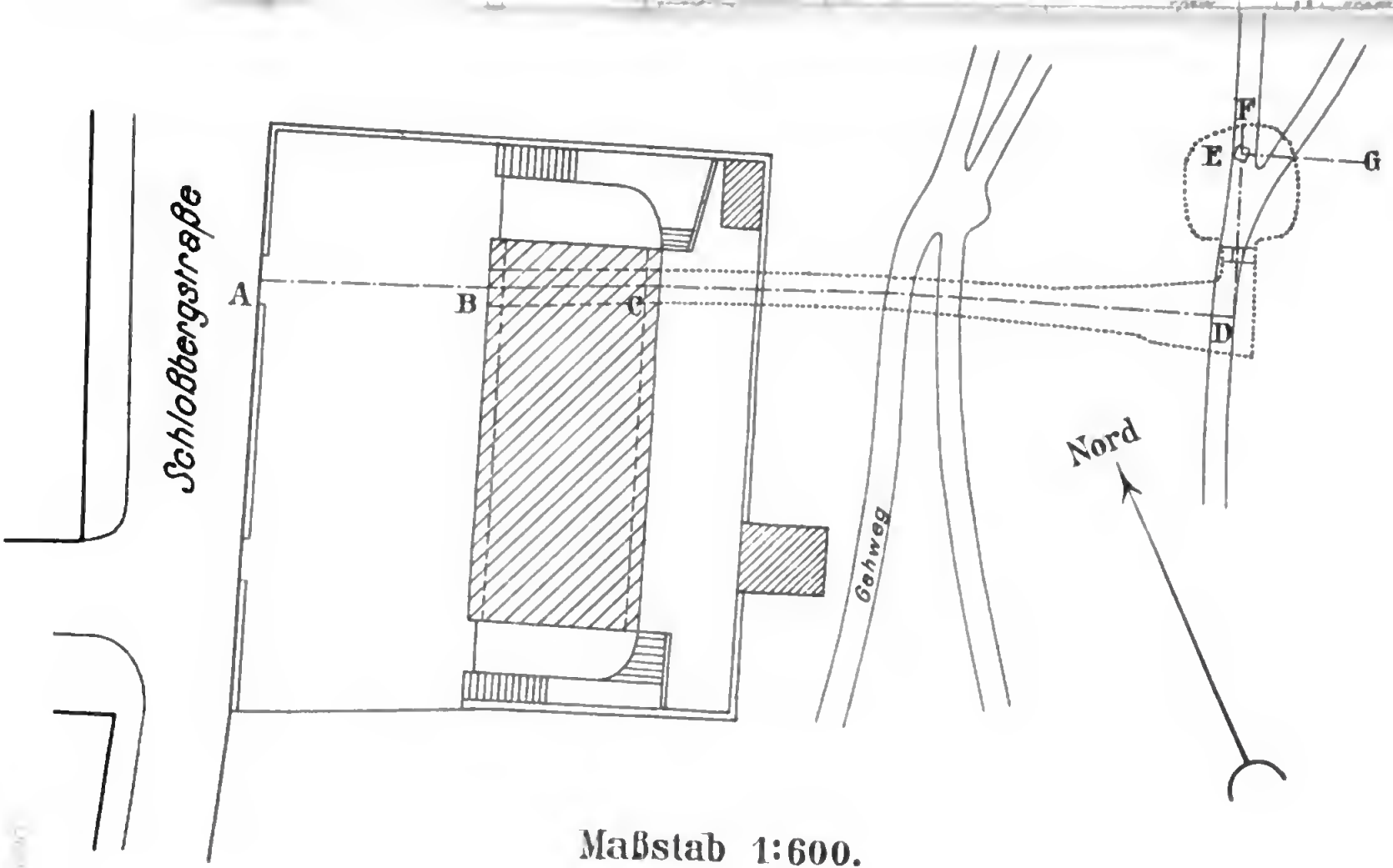

A
Entwässerung
C
D
E
F
Nord
Maßstab 1:200.

Seismische Station Freiburg.

Maßstab der Längen 1:600.

" " Höhen 1:300.





Maßstab 1:600.

PAT. JAN. 21, 1908

551.223 .N281h C.1
... Die seismischen stationen
Stanford University Libraries
3 6105 032 213 642

284846

Google